

ВЛИЯНИЕ РУДНОЙ НАГРУЗКИ НА СТЕПЕНЬ КОСВЕННОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ В ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

Изучено влияние рудной нагрузки на степень косвенного восстановления, а также на другие показатели периферии доменной печи. Установлена зависимость между рудной нагрузкой и температурой периферийных газов.

Ключевые слова: доменная печь, рудная нагрузка, степень использования СО, периферия, косвенное восстановление

The influence of ore loading on the indirect reduction, and on the performance indicators of the blast-furnace periphery has been studied. There also has been set the correlation between the ore loading and the temperature of the periphery gases

Keywords: Blast furnace, ore loading, CO utilization rate, peripheral zone, indirect reduction

Практика ведения доменной плавки ориентирована на создание таких условий, при которых достигается максимальная степень использования СО. Это достигается при максимально допустимой загрузке центральной и периферийной зон печи и работе с открытым центром. Вместе с тем при излишне загруженной периферии в первичных шлаках может наблюдаться повышенное содержание FeO. Содержание FeO в первичном шлаке зависит от его доли, восстанавливаемой по реакциям прямого восстановления из жидкой фазы.

Целью данного исследования явилась оценка влияния рудной нагрузки на развитие восстановительных процессов в периферийной зоне печи. Поставленная задача решается путем оценки влияния рассматриваемых факторов на развитие косвенного восстановления. В основе анализа изменения степени косвенного восстановления лежит линеаризованное уравнение [1, 2]:

$$\Delta R_i = \frac{CO_{\Sigma} \cdot \eta_{CO} + H_{\Sigma} \cdot \eta_{H_2}}{2P\delta} \cdot \Delta V_{\Gamma} + \frac{V_{\Gamma} \cdot (CO_{\Sigma} \cdot \Delta \eta_{CO} + H_{\Sigma} \Delta \eta_{H_2})}{2P\delta}, \quad (1)$$

где CO_{Σ} – суммарное содержание СО и CO_2 в газе, $м^3/м^3$; H_{Σ} – суммарное содержание H_2 и H_2O в газе, $м^3/м^3$; η_{CO} и η_{H_2} – степень использования СО и H_2 (соответственно), доли ед.; V_{Γ} – выход газа в единицу времени; P –

производительность доменной печи в единицу времени; δ – удельное (на 1 т чугуна) количество газифицированного кислорода оксидов железа.

Первая составляющая уравнения (1) учитывает влияние количества газов на развитие косвенного восстановления, а вторая составляющая учитывает термодинамику и кинетику развития реакций восстановления оксидов железа.

Изменение количества газов при решении сформулированной задачи можно определить, решая в относительных координатах уравнение Эргона [1].

$$\Delta P = \lambda \cdot \frac{h}{d_3} \cdot \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^3} \cdot \frac{T}{T_0} \cdot \frac{P_0}{P} \cdot \frac{\rho_0 \cdot w_0^2}{2}, \quad (2)$$

где λ – коэффициент сопротивления; d_3 – эквивалентный диаметр кусков слоя, м; ε – порозность слоя, м³/м³; T – температура, К; P – давление, Па; ρ_0 – плотность газа, кг/м³; w_0 – скорость газа. Нижний символ 0 означает, то величина приведена к нормальным условиям.

Вторая составляющая уравнения (1) учитывает влияние скорости восстановления рудной составляющей. В качестве рабочей гипотезы принято, что оценка влияния гранулометрического состава железорудных материалов на скорость восстановления может быть описана моделью сжимающегося ядра [3].

$$\frac{\Delta \varphi}{\Delta \tau} = \frac{k}{r_0 \cdot \rho_0} \quad (3)$$

Здесь $\frac{\Delta \varphi}{\Delta \tau}$ – увеличение степени восстановления за единицу времени; k – константа скорости реакции, зависящая от температуры давления и состава газа восстановителя; r_0 – начальный радиус куска; ρ_0 – плотность куска.

Изменение рудной нагрузки в периферийной зоне печи является основным способом воздействия на температурное поле и восстановительные процессы. С использованием предлагаемой методики расчетов определялось влияние изменения рудной нагрузки на 0,1 т/т при разной рудной нагрузке и различном гранулометрическом составе агломерата. Результаты выпавенных расчетов приводятся на рис. 1–3.

Приведенные на этих рисунках данные показали следующее.

- Увеличение рудной нагрузки приводит к увеличению протяженности верхней зоны печи, снижению температуры периферийных газов и снижению косвенного восстановления.
- Наибольшие изменения наблюдаются при низком качестве агломерата.
- При низких рудных нагрузках изменение высоты верхней зоны печи минимальны, в тоже время изменение температуры периферийных газов максимально.

- Тот факт, что снижение температуры периферийных газов сопровождается снижением косвенного восстановления, позволяет рассматривать температуру периферии как индикатор развития косвенного восстановления.
- Снижение качества агломерата приводит к понижению температуры периферийных газов.

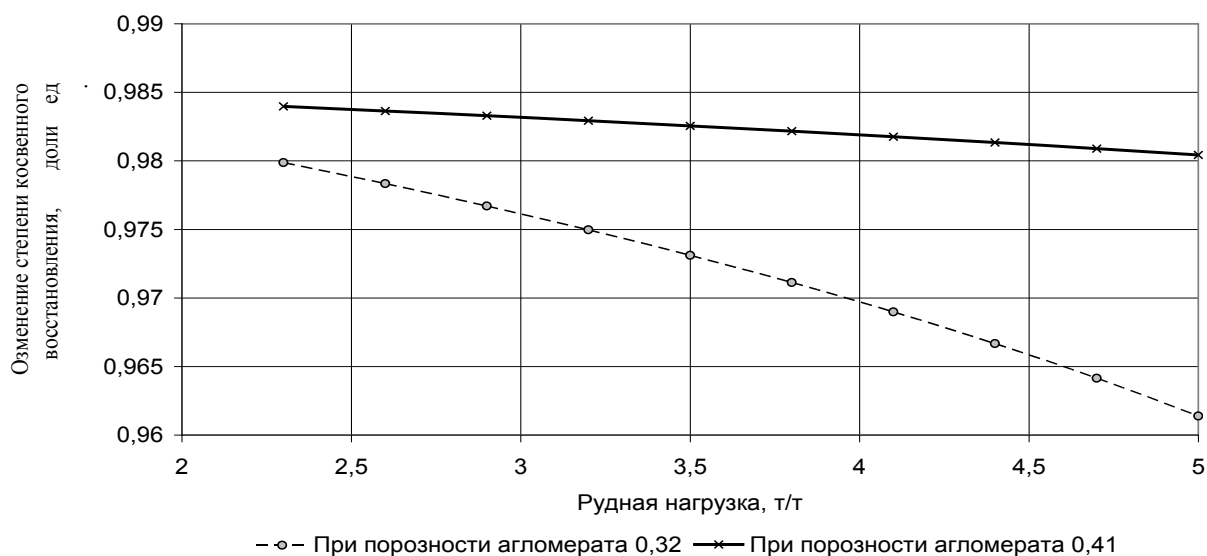


Рис. 1. Зависимость относительного изменения степени косвенного восстановления от рудной нагрузки при повышении рудной нагрузки на 0,1 для агломератов различного качества

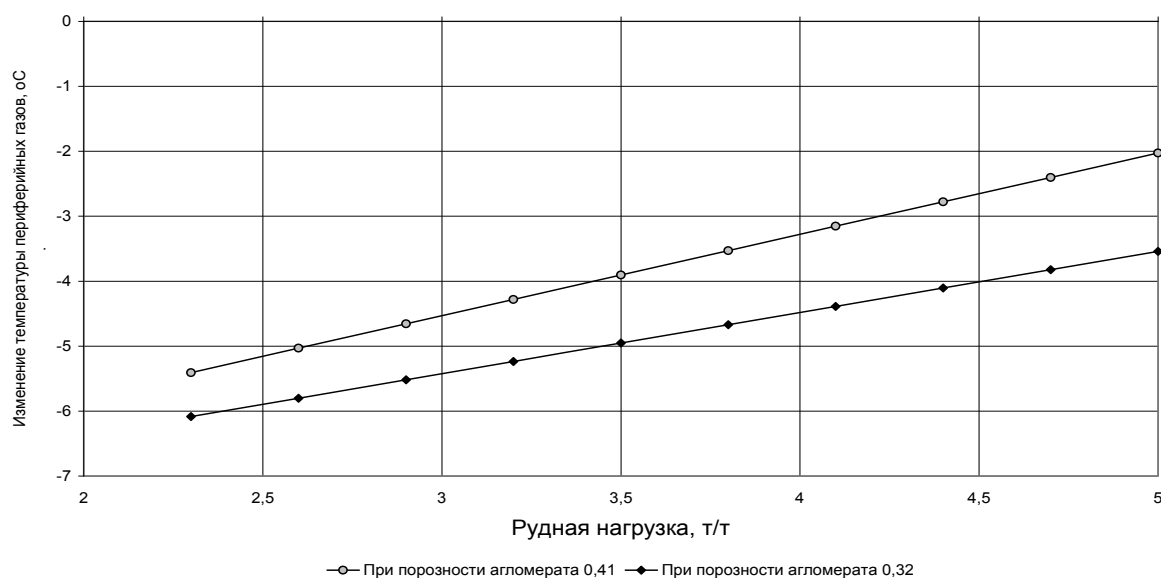


Рис. 2. Зависимость изменения температуры периферийных газов от рудной нагрузки при повышении рудной нагрузки на 0,1 и различном качестве агломерата

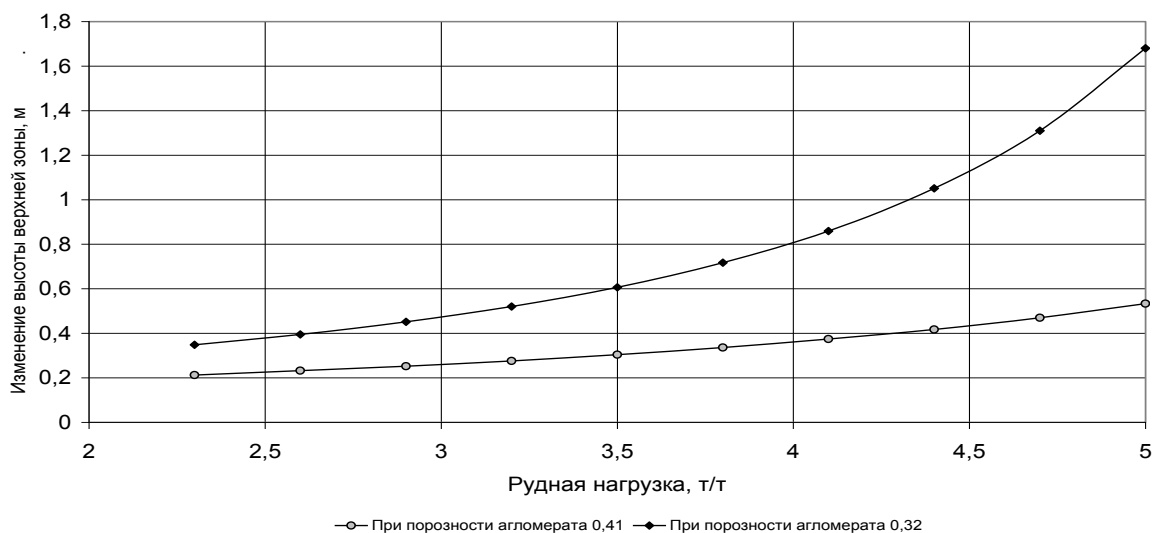


Рис. 3. Зависимость изменения высоты верхней зоны печи от рудной нагрузки при повышении рудной нагрузки на 0,1 для агломератов разного качества

Список литературы

1. Вегман Е. Ф. Доменное производство : справ. изд-е : в 2-х т. Т. «Подготовка руд и доменный процесс» / под ред. Е. Ф. Вегмана. М.: Металлургия, 1989. 486 с.
2. Китаев Б. И. Теплотехника доменного процесса / Б. И. Китаев ; под ред. Б. И. Китаева, Ю. Г. Ярошенко, Ю. Н. Суханова, В. С. Швыдкого. М.: Металлургия, 1978. 248 с.
3. Шварцман А. А. Начала физической химии для металлургов / А. А. Шварцман, А. А. Жуховицкий. М.: Металлургия, 1991. 208 с.